

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 947 591 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
04.02.2004 Bulletin 2004/06

(51) Int Cl.7: **C21D 8/06, C22C 38/40**

(21) Numéro de dépôt: **99400602.1**

(22) Date de dépôt: **12.03.1999**

(54) **Acier inoxydable austénitique pour l'élaboration notamment de fil**

Rostfreier austenitischer Stahl, geeignet zur Herstellung von Drähten

Stainless austenitic steel suitable for the manufacture of wires

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU NL
PT SE**

(30) Priorité: **18.03.1998 FR 9803263**

(43) Date de publication de la demande:
06.10.1999 Bulletin 1999/40

(73) Titulaire: **UGINE-SAVOIE IMPHY
73400 Ugine (FR)**

(72) Inventeur: **Havette, Etienne
73200 Mercury (FR)**

(74) Mandataire: **Neyret, Daniel Jean Marie
USINOR
Direction Propriété Industrielle
Immeuble Pacific
11, cours Valmy - TSA 10001
La Défense 7
92070 La Défense Cedex (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A- 0 567 365 EP-A- 0 738 783
FR-A- 2 456 785 US-A- 5 314 549**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 96, no.
007, 31 juillet 1996 & JP 08 060308 A (DAIDO
SEEL CO.LTD.), 5 mars 1996**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un acier inoxydable austénitique pour l'élaboration notamment de fil, ayant une propreté inclusionnaire adaptée pour une utilisation dans le domaine du tréfilage de fil de diamètre inférieur à 0,3 mm et dans le domaine de la réalisation de pièces soumises à la fatigue.

[0002] On désigne par aciers inoxydables, les alliages de fer contenant au moins 10,5% de chrome. D'autres éléments entrent dans la composition des aciers afin de modifier leur structure et leurs propriétés.

[0003] Les aciers inoxydables austénitiques ont une composition déterminée. La structure austénitique est assurée après transformation, par un traitement thermique de type hypotrempe.

[0004] Du point de vue métallurgique, il est connu que certains éléments d'alliage entrant dans la composition des aciers favorisent l'apparition de la phase ferrite de structure métallographique de type cubique centré. Ces éléments sont dits alpha-gènes. Parmi ceux-ci figurent le chrome, le molybdène, le silicium.

[0005] D'autres éléments dits gamma-gènes favorisent l'apparition de la phase austénite de structure métallographique de type cubique à faces centrées. Parmi ces éléments figurent le carbone, l'azote, le manganèse, le cuivre, le nickel.

[0006] Dans le domaine par exemple du tréfilage, il est connu que pour obtenir un fil de diamètre inférieur à 0,3 mm, dit fin, l'acier inoxydable utilisé ne doit pas comporter d'inclusions dont la taille génère la casse de fil lors du tréfilage.

[0007] Dans l'élaboration des aciers inoxydables austénitiques, comme pour tous les autres aciers élaborés avec des moyens conventionnels et économiquement adaptés à la production de masse, la présence d'inclusions de type sulfures ou oxydes est systématique et irrémédiable. En effet, les aciers inoxydables peuvent, à l'état liquide, contenir en solution, du fait des procédés d'élaboration, des teneurs en oxygène et en soufre inférieures à 1000 ppm. Au cours du refroidissement de l'acier à l'état liquide ou solide, la solubilité des éléments oxygène et soufre diminue et l'énergie de formation des oxydes ou des sulfures est atteinte. On assiste alors à l'apparition d'inclusions formées d'une part, de composés de type oxydes contenant des atomes d'oxygène et des éléments d'alliage avides de réagir avec l'oxygène tels que calcium, magnésium, aluminium, silicium, manganèse, chrome, et d'autre part, de composés de type sulfures contenant des atomes de soufre et des éléments d'alliage avides de réagir avec le soufre tels que manganèse, chrome, calcium, magnésium. Il peut apparaître également des inclusions qui sont des composés mixtes de type oxysulfure.

[0008] Il est possible de réduire la quantité d'oxygène contenu dans l'acier inoxydable en utilisant des réducteurs puissants tels que magnésium, aluminium, calcium, titane ou une combinaison de plusieurs d'entre eux mais ces réducteurs conduisent tous à la création d'inclusions riches en MgO , Al_2O_3 , CaO ou TiO_2 qui sont sous la forme de réfractaires cristallisés, durs et indéformables dans les conditions de laminage de l'acier inoxydable. La présence de ces inclusions génère des incidents par exemple de tréfilage et des casses de fatigue sur les produits élaborés avec l'acier inoxydable.

[0009] Il est connu la demande de brevet FR 95 04 782 (EP-A-738783) qui traite d'un acier inoxydable austénitique pour la réalisation de fil pouvant être utilisé dans le domaine du tréfilage et dans le domaine de la réalisation de pièces soumises à la fatigue.

[0010] Il a été constaté que l'acier inoxydable décrit ne présentait pas, d'une manière générale, en fonction des différentes compositions, des performances fiables aussi bien du point de vue du nombre de casses au tréfilage que du point de vue de tenue à la fatigue. En d'autres termes, les compositions de l'acier d'écrites dans la demande de brevet de l'art antérieur ne donnent pas toute entière satisfaction, du fait notamment, de la définition beaucoup trop large du domaine inclusionnaire.

[0011] Il a été mis en évidence, une zone fermée dans le domaine inclusionnaire, définie par des intervalles de teneurs en éléments résiduels spécifiques qui assurent des performances optimales et fiables notamment, en tréfilage et fatigue.

[0012] L'invention définie dans la revendication 1 a pour but la réalisation d'un acier inoxydable austénitique ayant une propreté inclusionnaire sélectionnée, acier pouvant être utilisé notamment dans le domaine du tréfilage en diamètre inférieur à 0,3 mm et dans le domaine de la réalisation de pièces soumises à la fatigue.

[0013] L'invention a pour objet un acier inoxydable austénitique de composition pondérale suivante:

- $5 \cdot 10^{-3}\% \leq \text{carbone} \leq 200 \cdot 10^{-3}\%$
- $5 \cdot 10^{-3}\% \leq \text{azote} \leq 400 \cdot 10^{-3}\%$
- $0,2\% \leq \text{manganèse} \leq 10\%$,
- $12\% \leq \text{chrome} \leq 23\%$
- $0,1\% \leq \text{nickel} \leq 17\%$,
- $0,1\% \leq \text{silicium} \leq 2\%$,

dans lequel les éléments résiduels sont contrôlés de manière que :

- $0\% \leq \text{soufre} \leq 100 \cdot 10^{-4}\%$,
- $40 \cdot 10^{-4}\% \leq \text{oxygène total} \leq 120 \cdot 10^{-4}\%$,
- $0\% < \text{aluminium} \leq 5 \cdot 10^{-4}\%$
- $0\% \leq \text{magnésium} \leq 0,5 \cdot 10^{-4}\%$
- 5 - $0\% < \text{calcium} \leq 5 \cdot 10^{-4}\%$
- $0\% \leq \text{titane} \leq 4 \cdot 10^{-4}\%$
- des impuretés inhérentes à la fabrication,

et dans lequel des inclusions d'oxydes ont, sous forme de mélange vitreux, les proportions pondérales suivantes:

- $40\% \leq \text{SiO}_2 \leq 60\%$
- $5\% \leq \text{MnO} \leq 50\%$
- $1\% \leq \text{CaO} \leq 30\%$
- $0\% \leq \text{MgO} \leq 4\%$
- 15 - $5\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 25\%$
- $0\% \leq \text{Cr}_2\text{O}_3 \leq 4\%$
- $0\% \leq \text{TiO}_2 \leq 4\%$,

les oxydes dont sont composées les inclusions satisfaisant la relation suivante :

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 + \% \text{TiO}_2 + \% \text{MgO} < 10\%.$$

[0014] Les autres caractéristiques préférées de l'invention sont :

- la composition de l'acier comprend moins de $50 \cdot 10^{-4}\%$ de soufre.
- la composition de l'acier comprend en outre moins de 3% de molybdène.
- la composition de l'acier comprend en outre moins de 4% de cuivre.

[0015] La description qui suit et les figures annexées, le tout donné à titre d'exemple non limitatif fera bien comprendre l'invention.

[0016] Les figures 1 et 2 présentent respectivement une image d'un exemple d'inclusion peu déformée, épaisse et une image d'un exemple d'inclusions contenues dans un acier selon l'invention.

[0017] L'acier selon l'invention contient dans sa composition pondérale de $5 \cdot 10^{-3}\%$ à $200 \cdot 10^{-3}\%$ de carbone, de $5 \cdot 10^{-3}\%$ à $400 \cdot 10^{-3}\%$ d'azote, de 0,2% à 10% de manganèse, de 12% à 23% de chrome, de 0,1% à 17% de nickel, de 0,1% à 2% de silicium, et en particulier des éléments résiduels contrôlés de manière que leur composition pondérale soit la suivante : plus de 0% à $100 \cdot 10^{-4}\%$ de soufre, de $40 \cdot 10^{-4}\%$ à $120 \cdot 10^{-4}\%$ d'oxygène total, plus de 0% à $5 \cdot 10^{-4}\%$ d'aluminium, de 0% à $0,5 \cdot 10^{-4}\%$ de magnésium, plus de 0% à $5 \cdot 10^{-4}\%$ de calcium, de 0% à $4 \cdot 10^{-4}\%$ de titane.

- 40 - des impuretés inhérentes à la fabrication,

et dans lequel des inclusions d'oxydes ont, sous forme de mélange vitreux, les proportions pondérales suivantes:

- $40\% \leq \text{SiO}_2 \leq 60\%$
- 45 - $5\% \leq \text{MnO} \leq 50\%$
- $1\% \leq \text{CaO} \leq 30\%$
- $0\% \leq \text{MgO} \leq 4\%$
- $5\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 25\%$
- $0\% \leq \text{Cr}_2\text{O}_3 \leq 4\%$
- 50 - $0\% \leq \text{TiO}_2 \leq 4\%$,

les oxydes dont sont composés les inclusions satisfaisant la relation suivante :

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 + \% \text{TiO}_2 + \% \text{MgO} < 10\%.$$

[0018] Le carbone, l'azote, le chrome, le nickel, le manganèse, le silicium sont les éléments habituels permettant l'obtention d'un acier inoxydable austénitique.

[0019] Les teneurs en manganèse, chrome, soufre, en proportion sont choisies pour générer des sulfures déformables de composition bien déterminée.

[0020] Les intervalles de composition des éléments en silicium et manganèse, en proportion, assurent selon l'invention, la présence d'inclusions de type silicate, riches en SiO_2 et contenant une quantité non négligeable de MnO .

5 [0021] Le molybdène peut être ajouté à la composition de l'acier inoxydable austénitique pour améliorer la tenue en corrosion, avec une teneur maximale de 3%.

[0022] Le cuivre peut être également ajouté à la composition de l'acier selon l'invention car il améliore les propriétés de déformation à froid et de ce fait, stabilise l'austénite. Cependant le teneur en cuivre est limitée à 4% pour éviter des difficultés de transformation à chaud car le cuivre abaisse sensiblement la limite supérieure de température de ré-

10 chauffage de l'acier avant laminage.
[0023] Les intervalles en oxygène total, aluminium et calcium permettent, selon l'invention, d'obtenir des inclusions de type silicate de manganèse contenant une fraction non nulle de Al_2O_3 et de CaO . L'aluminium et le calcium contenus dans la composition de l'acier assurent, dans les inclusions recherchées, la présence de plus de 1% de CaO et plus de 5% de Al_2O_3 .

15 [0024] Les valeurs des teneurs en oxygène total sont selon l'invention comprises entre 40 ppm et 120 ppm.

[0025] Pour une teneur en oxygène total inférieure à 40 ppm, l'oxygène fixe les éléments magnésium, calcium, aluminium et ne forme pas d'inclusion d'oxydes riches en SiO_2 et MnO .

[0026] Pour une teneur en oxygène total supérieure à 120 ppm, il y aura dans la composition des oxydes plus de 4% de Cr_2O_3 , ce qui favorise la cristallisation que l'on cherche à éviter.

20 [0027] La teneur en calcium est inférieure à $5 \cdot 10^{-4}\%$ de façon que les inclusions recherchées ne contiennent pas plus de 30% de CaO .

[0028] La teneur en aluminium est inférieure à $5 \cdot 10^{-4}\%$ pour éviter que les inclusions recherchées contiennent plus de 25% de Al_2O_3 , ce qui favorise également une cristallisation non désirée.

25 [0029] Il est concevable, après avoir réalisé selon un procédé conventionnel et économique, un acier contenant des inclusions de type oxyde et sulfure, de le raffiner pour faire disparaître ces inclusions en utilisant des procédés de refusion lents et peu rentables économiquement tels que les procédés de refusion sous vide (Vacuum Argon Remelting) ou de refusion sous laitier (Electro Slag Remelting).

[0030] Ces procédés de refusion ne permettent d'éliminer que partiellement, par décantation dans la flaque de liquide, les inclusions déjà présentes sans modifier leur nature et leur composition.

30 [0031] L'invention concerne un acier inoxydable austénitique contenant des inclusions de composition choisie obtenue volontairement, la composition étant en relation avec la composition globale de l'acier, de telle sorte que les propriétés physiques de ces inclusions favorisent leur déformation lors de la transformation à chaud de l'acier.

[0032] Selon l'invention, l'acier inoxydable austénitique contient des inclusions de composition déterminée qui ont leur point de ramollissement proche de la température de laminage de l'acier et telles que l'apparition de cristaux plus durs que l'acier à la température de laminage comme notamment les composées définies, SiO_2 , sous forme de tridymite, christobalite, quartz; 3CaO-SiO_2 ; CaO ; MgO ; Cr_2O_3 ; anorthite, mullite, gehlenite, corindon, spinelle du type $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ ou $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-MnO-MgO}$; $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$; $\text{CaO-6Al}_2\text{O}_3$; $\text{CaO-2Al}_2\text{O}_3$; TiO_2 est inhibée.

35 [0033] Selon l'invention, l'acier contient principalement des inclusions d'oxyde de composition telle que celles-ci forment un mélange vitreux ou amorphe pendant toutes les opérations successives de mise en forme de l'acier. La viscosité des inclusions choisies est suffisante pour que la croissance des particules cristallisées d'oxydes dans les inclusions résultantes de l'invention soit totalement inhibée du fait que, dans une inclusion d'oxyde, la diffusion à courte distance est faible et les déplacements convectifs sont très limités. Ces inclusions restées vitreuses dans le domaine de température des traitements à chaud de l'acier présentent également une dureté et un module d'élasticité plus faibles que des inclusions cristallisées de composition correspondante. Ainsi les inclusions peuvent être encore dé-

40 formées, écrasées et allongées, lors d'opération par exemple de tréfilage, et la concentration de contraintes au voisinage des inclusions est fortement diminuée, ce qui atténue de façon importante le risque d'apparition, par exemple, de fissures de fatigue ou des casses au tréfilage.

[0034] Selon l'invention, l'acier inoxydable austénitique contient des inclusions d'oxydes de composition définie telle que leur viscosité dans le domaine des températures de laminage à chaud de l'acier ne soit pas trop élevée. De ce fait, la contrainte d'écoulement de l'inclusion est nettement plus faible que celle de l'acier dans les conditions de laminage à chaud dont les températures sont généralement comprises entre 800°C et 1350°C . Ainsi les inclusions d'oxydes se déforment en même temps que l'acier lors du laminage à chaud et donc après laminage, ces inclusions sont parfaitement allongées, et d'épaisseur très faible, c'est à dire inférieure à 5 ou 10 micromètres, ce qui permet d'éviter tout problème de casse lors, par exemple, d'une opération de tréfilage.

50 [0035] Les inclusions décrites ci-dessus sont selon l'invention, réalisées avec les moyens d'élaboration classiques et très productifs d'une aciérie électrique pour aciers inoxydables tels que four électrique, convertisseur AOD ou VOD, métallurgie en poche et coulée continue.

[0036] Avec les procédés classiques d'élaboration et de coulée, décrits précédemment, la distribution en taille des

inclusions sur le produit brut de coulée est relativement indépendante de la composition de celles-ci. Donc, avant laminage à chaud, on retrouve dans les aciers les mêmes tailles et la même distribution d'inclusions.

[0037] Les inclusions d'oxydes ci dessous présentant les propriétés favorables décrites sont selon l'invention composées d'un mélange vitreux de SiO_2 , MnO , CaO , Al_2O_3 , MgO , Cr_2O_3 , TiO_2 et éventuellement, de trace de FeO , dans les proportions pondérales suivantes :

- $40\% \leq \text{SiO}_2 \leq 60\%$
- $5\% \leq \text{MnO} \leq 50\%$
- $1\% \leq \text{CaO} \leq 30\%$
- $0\% \leq \text{MgO} \leq 4\%$
- $5\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 25\%$
- $0\% \leq \text{Cr}_2\text{O}_3 \leq 4\%$
- $0\% \leq \text{TiO}_2 \leq 4\%$.

[0038] Si la teneur en SiO_2 est inférieure à 40%, la viscosité des inclusions d'oxydes est trop faible et le mécanisme de croissance de cristaux d'oxyde n'est pas inhibé. Si SiO_2 est supérieur à 60%, il se forme des particules nocives très dures de silice sous forme de trydimite ou de christobalite ou de quartz.

[0039] La teneur en MnO , comprise entre 5% et 50% permet d'abaisser fortement le point de ramollissement du mélange d'oxydes contenant notamment SiO_2 , CaO , Al_2O_3 et favorise la création d'inclusions qui restent dans un état vitreux dans les conditions de laminage de l'acier selon l'invention.

[0040] Lorsque la teneur en CaO est supérieure à 30%, il se forme des cristaux de CaO-SiO_2 ou $(\text{Ca,Mn})\text{O-SiO}_2$.

[0041] Pour une teneur en MgO supérieur à 4%, il se forme des cristaux de MgO ; 2MgO-SiO_2 ; MgO-SiO_2 ; $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$, qui sont des phases extrêmement dures.

[0042] Si Al_2O_3 est inférieur à 5%, il se forme des cristaux de wollastonite et lorsque Al_2O_3 est supérieur à 25%, apparaissent des cristaux de mullite, d'anorthite, de corindon, de spinelles notamment de type $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ ou $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-MgO-MnO}$ ou bien encore d'aluminates du type $\text{CaO-6Al}_2\text{O}_3$ ou $\text{CaO-2Al}_2\text{O}_3$ ou $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, ou de géhlenite.

[0043] Avec plus de 4% de Cr_2O_3 apparaissent également des cristaux durs de Cr_2O_3 ou $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-MgO-MnO}$, $\text{CaO-Cr}_2\text{O}_3$, $\text{MgO-Cr}_2\text{O}_3$. Selon une forme de l'invention la teneur en soufre doit être inférieure ou égale à $50 \cdot 10^{-4}\%$ pour obtenir des inclusions de sulfure d'épaisseur ne dépassant pas 5 μm sur produit laminé. En effet, les inclusions de type sulfure de manganèse et de chrome sont parfaitement déformables dans les conditions de l'invention.

[0044] Les inclusions de type oxyde et sulfure sont généralement considérées comme néfastes vis à vis des propriétés d'emploi pour le tréfilage en fil fin et pour la tenue en fatigue, notamment, en flexion et/ou en torsion. Il est usuel de caractériser la concentration en inclusions de type oxyde et sulfure par l'observation d'une coupe polie en sens long de laminage sur un fil machine laminé à chaud de diamètre compris entre 5 et 10 mm. On appelle propreté inclusionnaire le résultat de cette caractérisation réalisée selon différentes normes en fonction de l'utilisation finale.

[0045] Pour une inclusion observée, sur coupe polie de fil laminé, on mesure sa longueur et son épaisseur, puis on définit un facteur de forme qui est le rapport de la longueur sur l'épaisseur. Pour une inclusion qui s'est très bien déformée au cours des opérations de laminage, le facteur de forme est en général très élevé, c'est à dire pouvant atteindre 100 et plus, en conséquence, l'épaisseur de l'inclusion est extrêmement faible. Au contraire, une inclusion qui ne se déforme pas ou subit une faible déformation est caractérisée par un facteur de forme peu élevé, c'est à dire de l'ordre de 1, donc, l'épaisseur de l'inclusion reste élevée et du même ordre de grandeur que la taille de l'inclusion originelle sur produit brut de coulée. En conséquence, dans la suite de la description, on retient comme critère de caractérisation simple et efficace vis à vis des propriétés d'emploi du fil laminé, l'épaisseur de chaque inclusion observée sur le fil laminé.

[0046] Les figures 1 et 2 présentent respectivement sur une coupe polie sens long de fil laminé de diamètre 5,5 mm, un exemple d'inclusions très épaisses et peu déformées et un exemple d'inclusions fines et très bien déformées contenues dans l'acier selon l'invention.

[0047] La figure 1 présente un exemple d'inclusions très épaisses et peu déformées mises en évidence sur un fil laminé de 5,5 mm de diamètre.

[0048] La figure 2 présente un exemple d'inclusions très bien déformées mises en évidence sur un fil laminé de diamètre 5,5 mm

[0049] Ces dernières inclusions ne présentent pas de nocivité vis à vis des applications de tréfilage fin en fil de diamètre inférieur à 0,3 mm ou de pièces soumises à la fatigue telles que des ressorts, renforts de pneumatique.

[0050] Il a été mis en évidence que l'ensemble des compositions ne satisfont pas, de manière fiable, les caractéristiques acceptables pour la réalisation de fil et pour des pièces soumises à fatigue. Selon la sélection des compositions, aussi bien pour les éléments résiduels que pour la composition des inclusions après élaboration de l'acier il est défini les critères de qualité inclusionnaire.

EP 0 947 591 B1

[0051] Le titane, le magnésium, le soufre, sont présents en quantités résiduelles et pourraient ne pas être contenus dans la composition de l'acier et par delà, dans la composition des inclusions.

[0052] Les tableaux 1 et 2 suivants présentent des aciers montrant l'influence de la composition de l'acier et de la composition des inclusions d'oxydes sur l'aptitude au tréfilage et à la tenue en fatigue. Il a été choisie la composition de base suivante dite composition de travail.

% C	0.072
% N	0.052
% Si	0,771
% Mn	0,736
% Cr	18,522
% Ni	8,773
% Mo	0.210
% Cu	0.310

TABLEAU 1

ACIER	1	2	2	3	4	5	6
Ot ppm	17	39	39	53	87	123	71
Al ppm	11	5	5	8	7	5	7
Ca ppm	4	7	7	6	8	1	2
Mg ppm	2	1	1	1	2	0,8	0,4
Ti ppm	4	8	8	7	45	2	38
S ppm	71	47	47	61	27	41	53
nature des inclusions							
%SiO2	25,6	25,2		29,1	18,6	47,4	9
%CaO	40,0	41,1		23,1	8,7	1,2	2,9
%MnO	0,7		2,5	7,4	8,8	32,3	6,7
%Al2O3	21,1	28,1	71	27	8,1	7,2	8,8
%MgO	12,0	2,6	26,5	4,5	2,6	1,1	0,8
%Cr2O3	0,1			1,6	6	8,7	7,5
%TiO2	0,5	3		7,1	44,9	2,1	56,3

TABLEAU 2

ACIER	7	8	9	10	11	12
Ot ppm	71	95	53	113	43	68
Al ppm	4	5	3	5	3	3
Ca ppm	3	5	3	5	3	2
Mg ppm	0,3	0,4	0,3	0,5	0,2	0,2
Ti ppm	2	1	2	3	1	2
S ppm	13	33	24	38	21	45
nature des inclusions						
%SiO2	41,2	47,5	41	48,9	40,9	42,4
%CaO	14,1	10,1	25,6	7,5	29,2	10,4
%MnO	18,3	24,7	10,2	28,1	7,8	15,6
%Al2O3	17,9	11,6	16,5	8	17,7	23,2
%MgO	1,7	1,0	3,1	0,6	2,5	1,6
%Cr2O3	4	3,8	2	3,6	1,4	3,3
%TiO2	2,9	1,3	1,6	3,4	0,5	3,5

[0053] Le tableau 1 présente des compositions d'aciers considérées de qualité médiocre dans le domaine de l'aptitude au tréfilage et celle de la tenue en fatigue. Le tableau 2 présente des compositions d'acier selon l'invention ayant une propreté inclusionnaire générant une qualité remarquable dans les deux domaines en question.

5

Revendications

10

1. Acier inoxydable austénitique pour la réalisation de fil pouvant être utilisé dans le domaine du tréfilage en diamètre inférieur à 0,3 mm et dans le domaine de la réalisation de pièces soumises à la fatigue, caractérisé en la composition pondérale suivante :

15

- $5 \cdot 10^{-3}\% \leq \text{carbone} \leq 200 \cdot 10^{-3}\%$
- $5 \cdot 10^{-3}\% \leq \text{azote} \leq 400 \cdot 10^{-3}\%$
- $0,2\% \leq \text{manganèse} \leq 10\%$,
- $12\% \leq \text{chrome} \leq 23\%$
- $0,1\% \leq \text{nickel} \leq 17\%$,
- $0,1\% \leq \text{silicium} \leq 2\%$,

20

le reste étant du fer et des impuretés inhérentes à la fabrication, dans lequel les éléments résiduels sont contrôlés de manière que :

25

- $0\% \leq \text{soufre} \leq 100 \cdot 10^{-4}\%$,
- $40 \cdot 10^{-4}\% \leq \text{oxygène total} \leq 120 \cdot 10^{-4}\%$,
- $0\% < \text{aluminium} \leq 5 \cdot 10^{-4}\%$
- $0\% \leq \text{magnésium} \leq 0,5 \cdot 10^{-4}\%$
- $0\% < \text{calcium} \leq 5 \cdot 10^{-4}\%$
- $0\% \leq \text{titane} \leq 4 \cdot 10^{-4}\%$

30

et dans lequel des inclusions d'oxydes ont, sous forme de mélange vitreux, les proportions pondérales suivantes:

35

- $40\% \leq \text{SiO}_2 \leq 60\%$
- $5\% \leq \text{MnO} \leq 50\%$
- $1\% \leq \text{CaO} \leq 30\%$
- $0\% \leq \text{MgO} \leq 4\%$
- $5\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 25\%$
- $0\% \leq \text{Cr}_2\text{O}_3 \leq 4\%$
- $0\% \leq \text{TiO}_2 \leq 4\%$,

40

les oxydes dont sont composées les inclusions satisfaisant la relation suivante :

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 + \% \text{TiO}_2 + \% \text{MgO} < 10\%.$$

45

2. Acier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sa composition comprend moins de $50 \cdot 10^{-4}\%$ de soufre.

3. Acier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sa composition comprend en outre moins de 3% de molybdène à la dépense de fer.

50

4. Acier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sa composition comprend en outre moins de 4% de cuivre à la dépense de fer.

Patentansprüche

55

1. Nichtrostender austenitischer Stahl zur Herstellung von Drähten, der auf dem Gebiet des Ziehens von Drähten auf einen Durchmesser unter 0,3 mm und auf dem Gebiet der Werkstücke, die Ermüdung unterliegen, eingesetzt werden kann, **gekennzeichnet durch** die folgende massebezogene Zusammensetzung:

EP 0 947 591 B1

- $5 \cdot 10^{-3} \% \leq \text{Kohlenstoff} \leq 200 \cdot 10^{-3} \%$,
- $5 \cdot 10^{-3} \% \leq \text{Stickstoff} \leq 400 \cdot 10^{-3} \%$,
- $0,2 \% \leq \text{Mangan} \leq 10 \%$,
- $12 \% \leq \text{Chrom} \leq 23 \%$,
- $0,1 \% \leq \text{Nickel} \leq 17 \%$,
- $0,1 \% \leq \text{Silicium} \leq 2 \%$,

wobei der Rest aus Eisen und aus der Verarbeitung stammenden Verunreinigungen besteht, und wobei die übrigen Elemente so eingestellt werden, dass:

- $0 \% \leq \text{Schwefel} \leq 100 \cdot 10^{-4} \%$,
- $40 \cdot 10^{-4} \% \leq \text{Gesamtsauerstoff} \leq 120 \cdot 10^{-4} \%$,
- $0 \% \leq \text{Aluminium} \leq 5 \cdot 10^{-4} \%$,
- $0 \% \leq \text{Magnesium} \leq 0,5 \cdot 10^{-4} \%$,
- $0 \% \leq \text{Calcium} \leq 5 \cdot 10^{-4} \%$,
- $0 \% \leq \text{Titan} \leq 4 \cdot 10^{-4} \%$,

wobei in dem Stahl die Oxideinschlüsse als glasartiges Gemisch die folgenden Gewichtsanteile aufweisen:

- $40 \% \leq \text{SiO}_2 \leq 60 \%$,
- $5 \% \leq \text{MnO} \leq 50 \%$,
- $1 \% \leq \text{CaO} \leq 30 \%$,
- $0 \% \leq \text{MgO} \leq 4 \%$,
- $5 \% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 25 \%$,
- $0 \% \leq \text{Cr}_2\text{O}_3 \leq 4 \%$,
- $0 \% \leq \text{TiO}_2 \leq 4 \%$,
- wobei die Oxide, aus denen die Einschlüsse bestehen, die folgende Beziehung erfüllen:

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 + \% \text{TiO}_2 + \% \text{MgO} < 10 \%$$

2. Stahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung weniger als $50 \cdot 10^{-4} \%$ Schwefel enthält.
3. Stahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung statt Eisen ferner weniger als 3 % Molybdän enthält.
4. Stahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung statt Eisen ferner weniger als 4 % Kupfer enthält.

Claims

1. Austenitic stainless steel for the production of wire, which can be used in the field of drawing wire down to diameters of less than 0.3 mm and in the field of producing components subjected to fatigue, **characterized by** the following composition by weight:

- $5 \times 10^{-3} \% \leq \text{carbon} \leq 200 \times 10^{-3} \%$
- $5 \times 10^{-3} \% \leq \text{nitrogen} \leq 400 \times 10^{-3} \%$
- $0.2 \% \leq \text{manganese} \leq 10 \%$
- $12 \% \leq \text{chromium} \leq 23 \%$
- $0.1 \% \leq \text{nickel} \leq 17 \%$
- $0.1 \% \leq \text{silicon} \leq 2 \%$,

the balance being iron and impurities inherent in the manufacture, in which the residual elements are controlled so that:

- $0 \% \leq \text{sulphur} \leq 100 \times 10^{-4} \%$

EP 0 947 591 B1

- $40 \times 10^{-4}\% \leq \text{total oxygen} \leq 120 \times 10^{-4}\%$
- $0\% < \text{aluminium} \leq 5 \times 10^{-4}\%$
- $0\% \leq \text{magnesium} \leq 0.5 \times 10^{-4}\%$
- $0\% < \text{calcium} \leq 5 \times 10^{-4}\%$
- $0\% \leq \text{titanium} \leq 4 \times 10^{-4}\%$

and in which oxide inclusions have, in the form of a glassy mixture, the following proportions by weight:

- $40\% \leq \text{SiO}_2 \leq 60\%$
- $5\% \leq \text{MnO} \leq 50\%$
- $1\% \leq \text{CaO} \leq 30\%$
- $0\% \leq \text{MgO} \leq 4\%$
- $5\% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 \leq 25\%$
- $0\% \leq \text{Cr}_2\text{O}_3 \leq 4\%$
- $0\% \leq \text{TiO}_2 \leq 4\%$

the oxides of which the inclusions are composed satisfying the following relationship:

$$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 + \% \text{TiO}_2 + \% \text{MgO} < 10\%.$$

2. Steel according to Claim 1, **characterized in that** its composition includes less than $50 \times 10^{-4}\%$ sulphur.
3. Steel according to Claim 1, **characterized in that** its composition furthermore includes less than 3% molybdenum at the expense of iron.
4. Steel according to Claim 1, **characterized in that** its composition furthermore includes less than 4% copper at the expense of iron.

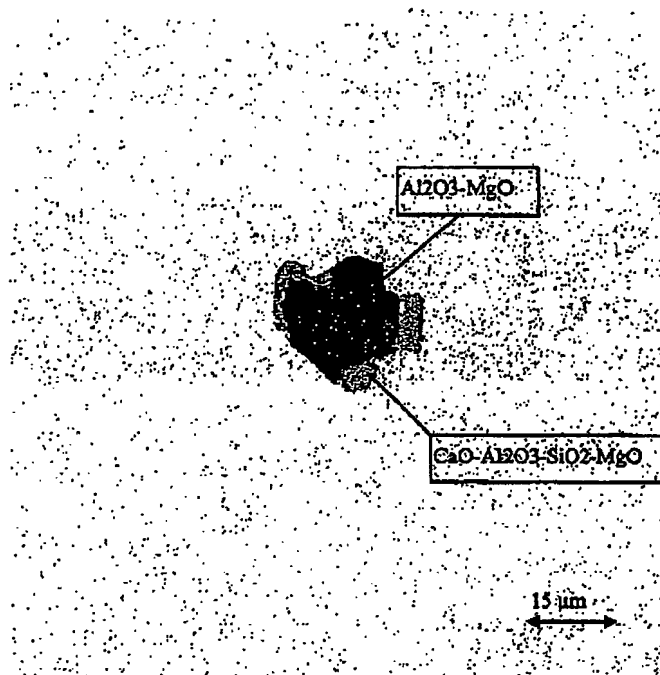


FIGURE 1

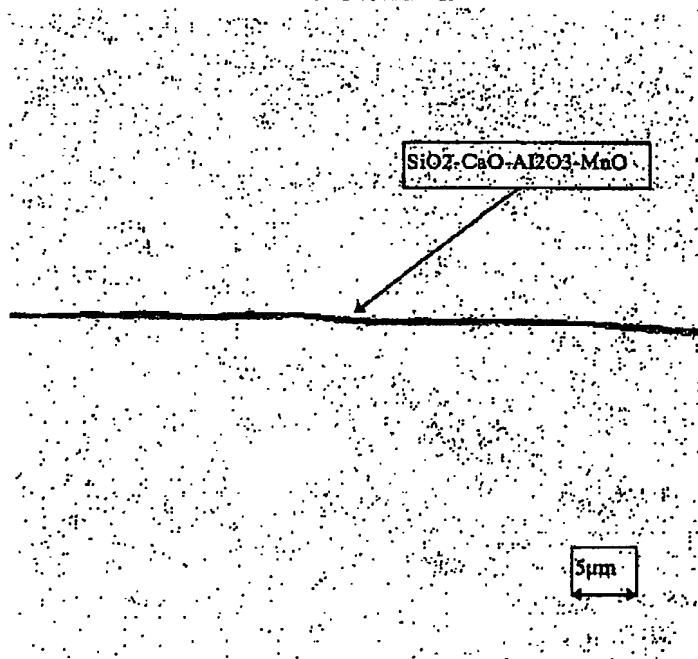


FIGURE 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)